

10/562612

1AP20 Rec'd 24 DEC 2005

EXPRESS MAIL mailing label No.: ED 540207497 US  
Deposited December 23, 2005

Beschreibung

Einrichtung zur Steuerung des Ziehvorgangs bei einer  
Transferpresse

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Steuerung des  
5 Ziehvorgangs bei einer Transferpresse gemäß dem Oberbegriff  
des Anspruchs 1.

Bei einer Presse in Form einer Transferpresse ist ein zu ver-  
formendes Werkstück zwischen zwei gegeneinander wirkenden  
Werkzeugteilen gehalten. Das eine der beiden Werkzeugteile,  
10 das insbesondere als Negativform ausgebildet ist, ist von  
einem mit konstanter Drehzahl angetriebenen mechanischen Kur-  
beltrieb zwischen einem oberen und einem unteren Umkehrpunkt  
verfahrbar. Dabei ist die Bewegung von dem oberen zum unteren  
Umkehrpunkt als Vorhub und die daran anschließende Bewegung  
15 von dem unteren zum oberen Umkehrpunkt als Rückhub bezeich-  
net. Die Bewegung des von dem Kurbeltrieb angetriebenen Werk-  
zeugteils ist durch die konstruktive Auslegung des Kurbel-  
triebs und durch seine Drehgeschwindigkeit vorgegeben. Wäh-  
rend eines aus Vorhub und Rückhub bestehenden Arbeitszyklus  
20 des Ziehvorgangs führt der Kurbeltrieb eine volle Umdrehung  
aus. Da die Drehgeschwindigkeit des Kurbeltriebs konstant  
ist, besteht zwischen dem Kurbelwinkel und der Zeit ein  
fester Zusammenhang. Somit ist es möglich, anstelle der  
jeweiligen Kurbelwinkel diesen entsprechende Zeitpunkte zu  
25 betrachten. Von diesem Zusammenhang wird auch in der folgen-  
den Beschreibung Gebrauch gemacht. Das andere Werkzeugteil,  
das insbesondere als Ziehkissen ausgebildet ist, ist über

eine Kolbenstange mit dem Kolben eines hydraulischen Differentialzylinders verbunden. Die Bewegung der Kolbenstange ist durch Druckmittelzufuhr in eine erste Kammer des Differentialzylinders und durch Druckmittelabfuhr aus der jeweils  
5 anderen Kammer gesteuert. Die Bewegung des an der Kolbenstange gehaltenen Werkzeugteils läßt sich durch Steuerung des Druckmittelflusses zu und von dem Differentialzylinder unabhängig von der Bewegung des Kurbeltriebs beeinflussen. Ein Arbeitszyklus des Ziehvorgangs der Presse gliedert sich in  
10 eine Reihe von aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten. Während eines ersten Zeitabschnitts, der sich in dem gewählten Beispiel innerhalb des Vorhubs erstreckt, ist die stangenseitige Fläche des Kolbens derart mit Druckmittel beaufschlagt, daß der Differentialzylinder das zweite Werkzeugteil so stark beschleunigt, daß sich beim Auftreffen des ersten Werkzeugteils  
15 auf dem zweiten Werkzeugteil beide Werkzeugteile praktisch mit derselben Geschwindigkeit bewegen. In einem zweiten Zeitabschnitt, der sich innerhalb des Vorhubs an den ersten Zeitabschnitt anschließt und der sich bis zum unteren Umkehrpunkt erstreckt, liegen die beiden Werkzeugteile von einander gegenüberliegenden Seiten an dem Werkstück an und verformen es.  
20 Während des Verformens nähern sich die beiden Werkzeugteile noch weiter aneinander an. Im unteren Umkehrpunkt erfolgt eine Dekompression des Druckmittels in dem Differentialzylinder. Mit der Umkehr der Bewegungsrichtung des Kurbeltriebs beginnt der Rückhub mit einem weiteren Zeitabschnitt, der sich maximal bis zum Erreichen des oberen Umkehrpunkts erstreckt. In diesem Zeitabschnitt kann das zweite Werkzeugteil  
25 entweder in eine besondere Entnahmeposition fahren oder sich zunächst gemeinsam mit dem Kurbeltrieb in Richtung auf den  
30

oberen Umkehrpunkt bewegen. In beiden Fällen ist die Geschwindigkeit des zweiten, von dem Differentialzylinder angetriebenen Werkzeugteils nicht größer als die Geschwindigkeit des von dem Kurbeltrieb angetriebenen Werkzeugteils.

5 Die zur Versorgung des Differentialzylinders mit Druckmittel vorgesehene Pumpe muß so ausgelegt sein, daß sie in der Lage ist, das zweite Werkzeugteil während des ersten Zeitabschnitts wie oben beschrieben zu beschleunigen. Dieser Zeitabschnitt ist der Zeitabschnitt mit dem größten Druckmittelbedarf während eines Arbeitszyklus. Da die Pumpe für den

10 größten Druckmittelbedarf ausgelegt sein muß, ist sie für Zeitabschnitte mit geringerem Druckmittelbedarf überdimensioniert und verbraucht in diesen Zeitabschnitten mehr Energie als erforderlich. Derartige Einrichtungen zur Steuerung des Ziehvorgangs bei einer Transferpresse sind von der

15 Mannesmann Rexroth AG (jetzt als Bosch Rexroth AG firmierend) angeboten und vertrieben worden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die eingangs genannte Einrichtung zur Steuerung des Ziehvorgangs mit dem

20 Ziel einer Verringerung des Energiebedarfs zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst. Die Erfindung macht von der Überlegung Gebrauch, daß ein hoher Druck nur während des ersten Zeitabschnitts des Ziehvorgangs erforderlich ist und daß in mindestens einem

25 weiteren Zeitabschnitt eines Arbeitszyklus ein gegenüber diesem Druck niedrigerer Druck für die Bewegung des zweiten Werkzeugteils ausreicht. Der hierfür erforderliche Einsatz einer Niederdruckpumpe erhöht zwar die Anschaffungskosten der

Presse, diese Mehrkosten werden jedoch durch Einsparungen bei den Betriebskosten mehr als ausgeglichen, so daß über die gesamte Lebensdauer der Presse gesehen die Energieeinsparung überwiegt.

5      Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unter-  
ansprüchen gekennzeichnet. Sie betreffen Maßnahmen, die zu  
weiterer Energieeinsparung führen, und Einzelheiten von der-  
artigen Einrichtungen. Aufgrund dieser Maßnahmen kann u. a.  
ein Zylinder kleinerer Baugröße verwendet werden. Außerdem  
10      verringert sich die erforderliche Kühlleistung. Für das  
Druckmittel kann ein Tank mit kleineren Ausmaßen verwendet  
werden.

Die Erfindung wird im folgenden mit ihren weiteren Einzel-  
heiten anhand von drei in den Zeichnungen dargestellten Aus-  
15      führungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen

Figur 1      eine schematische Darstellung einer ersten erfin-  
dungsgemäß ausgebildeten Einrichtung zur Steuerung  
des Ziehvorgangs bei einer Transferpresse,

Figur 2      ein Diagramm, in dem die Bewegung der beiden Werk-  
20      zeugteile der in der Figur 1 dargestellten Trans-  
ferpresse während der einzelnen Zeitabschnitte  
eines Arbeitszyklus dargestellt sind,

Figur 3      den hydraulischen Teil einer zweiten erfindungs-  
gemäß ausgebildeten Einrichtung zur Steuerung des  
25      Ziehvorgangs bei einer Transferpresse,

Figur 4 den hydraulischen Teil einer dritten erfindungs-  
gemäß ausgebildeten Einrichtung zur Steuerung des  
Ziehvorgangs bei einer Transferpresse,

Figur 5 den in der Figur 4 verwendeten Zylinder in vergrößerte  
Darstellung,

Figur 6 die mit Druckmittel beaufschlagte stangenseitige  
Ringfläche des in der Figur 5 dargestellten Zylinders und

Figur 7 die mit Druckmittel beaufschlagten bodenseitigen  
Flächen des in der Figur 5 dargestellten Zylinders.

Die Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung eine Transfer-  
presse sowie eine erste Einrichtung zur Steuerung des Zieh-  
vorgangs gemäß der Erfindung. Ein zu verformendes Werkstück  
10 ist zwischen zwei gegeneinander wirkenden Werkzeugteilen  
11 und 12 gehalten, von denen das Werkzeugteil 11 als Negativform  
und das Werkzeugteil 12 als Ziehkissen ausgebildet ist. Ein von einem in der Figur 1 nicht dargestellten Motor mit konstanter Drehgeschwindigkeit angetriebener mechanischer Kurbeltrieb 13 verfährt das Werkzeugteil 11 zwischen einem oberen Umkehrpunkt OT und einem unteren Umkehrpunkt UT, wobei die untere Begrenzung des Werkzeugteils 11 als Bezugsposition  $s_s$  bezeichnet ist. Ein hydraulischer Differentialzylinder 15 mit einem Kolben 16 und einer an dem Werkzeugteil 12 angreifenden Kolbenstange 17 verfährt das Werkzeugteil 12 innerhalb des durch die Umkehrpunkte OT und UT begrenzten Bereichs. Die obere Begrenzung des Werkzeugteils 12 ist hierbei als Bezugs-

position  $s_k$  bezeichnet. Ein Drehwinkelgeber 20 formt die Winkelstellung  $\varphi$  des Kurbeltriebs 13, die ein Maß für die Position  $s_s$  des Werkzeugteils 11 ist, in ein elektrisches Spannungssignal  $u_\varphi$  um. Ein durch ein Lineal symbolisiert dargestellter Weggeber 21 formt die Position  $s_k$  des Werkzeugteils 12 in ein weiteres Spannungssignal  $u_{sk}$  um. Die Spannungssignale  $u_\varphi$  und  $u_{sk}$  sind einer Rechenschaltung 22 als Eingangssignale zugeführt. Die Rechenschaltung 22 verknüpft die Eingangssignale nach vorgegebenen Algorithmen zu Steuersignalen  $u_{stb}$  und  $u_{sts}$ , die die Druckmittelzufuhr zu den mit den Bezugszeichen 15s und 15b versehenen Kammern des Differentialzylinders 15 steuern.

Eine erste als Konstantpumpe ausgebildete Pumpe 25 fördert Druckmittel aus einem Tank 26 und lädt einen Druckspeicher 27 auf einen Druck  $p_{sH}$  auf, dessen Höhe durch ein Druckabschaltventil 28 begrenzt ist. Eine weitere, ebenfalls als Konstantpumpe ausgebildete Pumpe 30 fördert Druckmittel aus dem Tank 26 und lädt einen weiteren Druckspeicher 31 auf einen Druck  $p_{sN}$  auf, dessen Höhe durch ein weiteres Druckabschaltventil 32 begrenzt ist. Der Druck  $p_{sH}$  ist so groß gewählt, daß das Werkzeugteil 12 mit der im Betrieb maximal erforderlichen Beschleunigung verfahren werden kann. Der Druck  $p_{sN}$  ist deutlich kleiner als der Druck  $p_{sH}$ . In einem Ausführungsbeispiel liegt  $p_{sN}$  in der Größenordnung von einem Viertel von  $p_{sH}$ .

Ein Proportionalventil 35 und ein Schaltventil 36 steuern die Druckmittelzufuhr von den Druckspeichern 27 und 31 zu den Kammern 15s und 15b des Differentialzylinders 15 entsprechend den von der Rechenschaltung 22 abgegebenen Steuersignalen

ustb und usts. Der Druckspeicher 31 ist über ein Rückschlagventil 39 sowie über hydraulische Leitungen 40 und 41 mit der stangenseitigen Kammer 15s des Differentialzylinders 15 verbunden. In der in der Figur 1 dargestellten Ruhestellung des Ventils 35, einer der beiden Endstellungen dieses Ventils, ist die Kammer 15b über eine weitere hydraulische Leitung 42 mit dem Tank 26 verbunden. Die Verbindung zwischen dem Rückschlagventil 39 und der Kammer 15b ist in der Ruhestellung des Ventils 35 gesperrt. Befindet sich auch das Ventil 36 in der in der Figur 5 dargestellten Ruhestellung, ist die Verbindung zwischen dem Druckspeicher 27 und der Leitung 41 gesperrt, die Kammer 15s ist nur mit dem Druck  $p_{sN}$  des Druckspeichers 31 beaufschlagt. In der anderen Endstellung des Ventils 35, die dem Maximalwert des Steuersignals  $u_{stb}$  entspricht, ist zusätzlich zu der Kammer 15s auch die Kammer 15b mit dem Druck  $p_{sN}$  beaufschlagt. Bei Werten des Steuersignals  $u_{stb}$ , die zwischen Null und seinem Maximalwert liegen, ist die Kammer 15b sowohl mit dem Tank 26 als auch mit der Leitung 40 verbunden, wobei die Größe der jeweiligen Durchlaßquerschnitte durch die jeweilige Größe des Steuersignals  $u_{stb}$  bestimmt ist.

Befindet sich das Ventil 36 in der Arbeitsstellung, ist die Kammer 15s mit dem Druck  $p_{sH}$  beaufschlagt und auf die Fläche  $A_r$  wirkt der Druck  $p_{sH}$ . Das Rückschlagventil 39 sperrt, da wie oben beschrieben -  $p_{sH}$  größer als  $p_{sN}$  ist. Befindet sich das Ventil 35 in der Ruhestellung, ist die Kammer 15b zum Tank 26 entlastet. Bei diesen Stellungen der Ventile 35 und 36 wirkt auf den Kolben 16 die größte abwärts gerichtete Kraft. Bei einer Vergrößerung des Steuersignals  $u_{stb}$  wird die

Verbindung zum Tank 26 gedrosselt. Auf die Fläche  $A_b$  des Bodens des Kolbens 16 wirkt jetzt eine durch die Größe des Steuersignals  $u_{stb}$  bestimmte aufwärts gerichtete Kraft, die der nach unten wirkenden Kraft entgegenwirkt und damit die resultierende, nach unten wirkende Kraft verringert.

Die Funktionsweise einer Transferpresse mit der in der Figur 1 dargestellten Steuereinrichtung ist im Folgenden anhand der Figur 2 beschrieben. Die Figur 2 zeigt die Position  $s_s$  des Werkzeugteils 11 (Kurvenzug 45) und die Position  $s_k$  des Werkzeugteils 12 (Kurvenzug 46) während eines Arbeitszyklus der Transferpresse. Da die Drehgeschwindigkeit des Kurbeltriebs 13 konstant ist, besteht zwischen dem Kurbelwinkel  $\varphi$ , der ein Maß für die Position  $s_s$  ist, und der Zeit  $t$  ein fester Zusammenhang. Damit ist es möglich, anstelle der jeweiligen Kurbelwinkel  $\varphi_i$  diesen entsprechende Zeitpunkte  $t_i$  zu betrachten. Der im Folgenden beschriebene Arbeitszyklus beginnt im Zeitpunkt  $t_0$  mit einem Vorhub, in dem sich das Werkzeugteil 11 von dem oberen Umkehrpunkt OT zu dem unteren Umkehrpunkt UT bewegt. Dieser Umkehrpunkt ist im Zeitpunkt  $t_3$  erreicht. An den Vorhub schließt sich der Rückhub an, in dem sich das Werkzeugteil 11 von dem unteren Umkehrpunkt UT zu dem oberen Umkehrpunkt OT zurück bewegt. Dieser Umkehrpunkt ist im Zeitpunkt  $t_6$  erreicht. Aufgrund der ständigen Drehbewegung des Kurbeltriebs beginnt im Zeitpunkt  $t_6$  sofort ein neuer Arbeitszyklus, der in der gleichen Weise wie der Arbeitszyklus zwischen den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_6$  abläuft. Im Gegensatz zu der Bewegung des Werkzeugteils 11, dessen Bewegung durch den Kurbeltrieb 13 fest vorgegeben ist, läßt sich die Bewegung des Werkzeugteils 12 durch Beaufschlagung der Kammern 15b und



15s des Differentialzylinders 15 mit hydraulischem Druckmittel steuern. Hierfür ist in der Rechenschaltung 22 ein Programm abgelegt, das aus den Signalen  $u_\phi$  und  $u_{sk}$  Steuersignale  $u_{stb}$  und  $u_{sts}$  für die Ventile 35 bzw. 36 derart bildet, daß

5 die Position  $s_k$  des Werkzeugteils 12 dem Kurvenzug 46 entspricht. Im Zeitpunkt  $t_0$  befindet sich das Ventil 36 in seiner Arbeitsstellung, d. h. die Kammer 15s ist mit dem Druck  $p_{sh}$  beaufschlagt. Bis zum Zeitpunkt  $t_1$  ist das Ventil 35 so angesteuert, daß das Werkzeugteil 12 seine mit  $s_{k0}$  bezeichnete Anfangsposition beibehält. In diesem Fall stellt sich in

10 der Kammer 15b ein Druck ein, bei dem sich die von entgegengesetzten Seiten auf den Kolben 16 wirkenden Kräfte (unter Berücksichtigung des Eigengewichts des Werkzeugteils 12 und des Werkstücks 10) gerade aufheben. Aufgrund der Bewegung des Werkzeugteils 11 verringert sich in dem Zeitabschnitt  $\Delta t_1$

15 zwischen  $t_0$  und  $t_1$  der Abstand zwischen den Werkzeugteilen 11 und 12. Ab dem Zeitpunkt  $t_1$  steuert die Rechenschaltung 22 das Ventil 35 derart an, daß sich der Abstand zwischen den Werkzeugteilen 11 und 12 weiter verringert, bis im Zeitpunkt

20  $t_2$  die Werkzeugteile 11 und 12 aufeinandertreffen. Im Zeitpunkt  $t_2$  schaltet die Rechenschaltung 22 das Ventil 36 in seine Ruhestellung zurück. Damit verringert sich die Energieaufnahme der Pumpe 25, da nur noch der Druck  $p_{sh}$  des Druckspeichers 27 aufrechterhalten wird, ohne daß dem Druckspeicher 27 Druckmittel entnommen wird. Für die restliche Zeit

25 des Vorhubs, d. h. in dem Zeitabschnitt  $\Delta t_3$  zwischen den Zeitpunkten  $t_2$  und  $t_3$ , sowie während eines ersten Teils des Rückhubs, z. B. während der Zeitabschnitte  $\Delta t_4$  und  $\Delta t_5$  zwischen den Zeitpunkten  $t_3$  und  $t_5$ , behält das Ventil 36 seine

30 Ruhestellung bei. In dieser Zeit werden die Kammern 15b und

15s des Differentialzylinders 15 nur mit Druckmittel aus dem Druckspeicher 31 beaufschlagt. Dabei steuert die Rechenschaltung 22 das Ventil 35 wieder so an, daß sich in der Kammer 15b ein auf die Fläche  $A_b$  des Kolbens 16 wirkender Druck einstellt, der in Verbindung mit den anderen auf den Kolben 16 wirkenden Kräften das Werkzeugteil 12 entsprechend dem Verlauf des Kurvenzugs 46 bewegt. Der Kurvenzug 46 gilt für den Fall, daß die Werkzeugteile 11 und 12 mit dem zwischen ihnen befindlichen Werkstück 10 bis zum Zeitpunkt  $t_4$  gemeinsam nach oben fahren. In dem Zeitabschnitt  $\Delta t_5$ , der sich bis zum Zeitpunkt  $t_5$  erstreckt, trennen sich die Werkzeugteile 11 und 12 voneinander und geben das Werkstück 10 zur Entnahme frei. Im Zeitpunkt  $t_5$  hat das Werkzeugteil 12 seine Anfangsposition  $s_{k0}$  erreicht, während das Werkzeugteil 11 noch bis zum oberen Umkehrpunkt OT fährt, den es im Zeitpunkt  $t_6$  erreicht. Im Zeitpunkt  $t_6$  schaltet die Rechenschaltung 22 das Ventil 36 wieder in seine Arbeitsstellung, in der der Druck  $p_{sH}$  den Kammern des Differentialzylinders 15 über die Leitungen 40 und 41 zugeführt ist. Grundsätzlich kann die Umschaltung des Ventils 36 in seine Arbeitsstellung auch noch zu einem späteren Zeitpunkt, jedoch spätestens bis zum Zeitpunkt  $t_1$  erfolgen. Die gestrichelte Linie 47 zeigt alternativ zu dem Kurvenzug 46 den Fall, daß das Werkzeugteil 12 ab dem Zeitpunkt  $t_3$  zunächst in eine besondere Entnahmeposition für das Werkstück 10 fährt und erst zwischen den Zeitpunkten  $t_5$  und  $t_6$  wieder seine Anfangsposition  $s_{k0}$  erreicht.

Die Figur 3 zeigt nur den hydraulischen Teil einer zweiten erfindungsgemäß ausgestalteten Einrichtung zur Steuerung des Ziehvorgangs bei einer Transferpresse. Diese Einrichtung

stimmt in vielen Teilen mit der in der Figur 1 dargestellten Einrichtung überein. Bauteile, die in der Figur 1 oberhalb einer strichpunktierten Linie 50 dargestellt sind, nämlich die Werkzeugteile 11 und 12, der Kurbeltrieb 13 sowie die Rechenschaltung 22 sind auch aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Figur 3 nicht noch einmal dargestellt. Die in der Figur 3 an der Linie 50 endende Kolbenstange 17 des Differentialzylinders 15 führt zu dem Werkzeugteil 12. Das Ausgangssignal  $u_{sk}$  des Weggebers 21 ist der Rechenschaltung 22 als Eingangssignal zugeführt. Als weiteres Eingangssignal ist der Rechenschaltung 22 das Ausgangssignal  $u_{\phi}$  des Drehwinkelgebers 20 zugeführt. Die Rechenschaltung 22 bildet aus diesen Signalen das Steuersignal  $u_{stb}$  für ein hydraulisches Ventil 51 und das Steuersignal  $u_{sts}$  für ein weiteres hydraulisches Ventil 52. Die Ventile 51 und 52 sind als Proportionalventile ausgebildet. Diese Maßnahme erlaubt eine feinfühligste Steuerung des Druckmittelflusses. Das Ventil 51, das über eine hydraulische Leitung 53 mit der Kammer 15b verbunden ist, steuert den Druckmittelfluß zu der bodenseitigen Kammer 15b. Das Ventil 52 steuert den Druckmittelfluß zu der stangenseitigen Kammer 15s. Wie in der Figur 1 sind in der Figur 3 zwei Pumpen 25 und 30, zwei Druckabschaltventile 28 und 32, zwei Druckspeicher 27 und 31 sowie ein Rückschlagventil 39 vorgesehen. Der Druckspeicher 31 ist über das Rückschlagventil 39 sowie die Leitungen 40 und 41 mit der Kammer 15s verbunden.

Das Ventil 51 ist durch das Steuersignal  $u_{stb}$  zwischen zwei Endstellungen stufenlos steuerbar. In der in der Figur 3 dargestellten Endstellung ist die Kammer 15b zum Tank 26 entlastet. In der anderen Endstellung des Ventils 51 ist die

Kammer 15b mit dem Druck  $p_{sH}$  beaufschlagt. Bei Werten des Steuersignals  $u_{stb}$ , die zwischen Null und seinem Maximalwert liegen, nimmt das Ventil 51 eine Zwischenstellung ein, in der die Kammer 15b sowohl mit dem Tank 26 als auch mit dem Druckspeicher 27 verbunden ist, wobei die Größe der jeweiligen Durchlaßquerschnitte durch den jeweiligen Wert des Steuersignals  $u_{stb}$  bestimmt ist. Das Ventil 52 ist durch das Steuersignal  $u_{sts}$  ebenfalls zwischen zwei Endstellungen stufenlos steuerbar. In der in der Figur 3 dargestellten Endstellung ist die Kammer 15s mit dem Druck  $p_{sH}$  beaufschlagt. Da in dieser Stellung des Ventils 52 der Druck  $p_{sH}$  größer als der Druck  $p_{sN}$  ist, sperrt das Rückschlagventil 39. In seiner anderen Endstellung sperrt das Ventil 52 und die Kammer 15s ist mit dem Druck  $p_{sN}$  beaufschlagt. In den Zwischenstellungen des Ventils 52 stellt sich der Druck in der Kammer 15s auf einen zwischen  $p_{sH}$  und  $p_{sN}$  liegenden Wert ein, der von der Größe des Steuersignals  $u_{sts}$  abhängig ist.

Die Recheneinrichtung 22 steuert die Ventile 51 und 52 so an, daß das mit der Kolbenstange 12 verbundene Werkzeugteil 12 dem in der Figur 2 dargestellten Kurvenzug 46 folgt. Der Arbeitszyklus beginnt im Zeitpunkt  $t_0$  mit einem Vorhub, in dem sich das Werkzeugteil 11 von dem oberen Umkehrpunkt OT zu dem unteren Umkehrpunkt UT bewegt. In dem Zeitabschnitt  $\Delta t_2$  zwischen den Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$  befinden sich die Ventile 51 und 52 in der in der Figur 3 dargestellten Ruhestellung, in der die Kammer 15s mit dem Druck  $p_{sH}$  beaufschlagt ist und die Kammer 15b zum Tank 26 entlastet ist. Bei dieser Ventilstellungskombination wirkt die größtmögliche Kraft auf den Kolben 16. Im Zeitpunkt  $t_2$ , in dem das Werkzeugteil 11 auf das Werk-

zeugteil 12 trifft, schließt das Ventil 52. Die Kammer 15s wird von dem Druckspeicher 31 über das Rückschlagventil 39 und die Leitungen 40 und 41 mit Druckmittel beaufschlagt. Das von dem Kurbeltrieb 13 angetriebenen Werkzeugteil 11 verdrängt das an der Kolbenstange 17 gehaltene Werkzeugteil 12 aktiv nach unten. Die Rechenschaltung 22 steuert das Ventil 51 dabei so an, daß sich die gewünschte Gegenhaltekraft des Werkzeugteils 12 einstellt. Hierbei gilt, daß eine Verringerung des Durchlaßquerschnitts der Verbindung zwischen der Kammer 15b und dem Tank 26 die Gegenhaltekraft des Werkzeugteils 12 erhöht. Das Ventil 51 wirkt insoweit als steuerbare Drossel, die den Druck in der bodenseitigen Kammer 15b bestimmt. Im Zeitpunkt  $t_3$  erreicht das Werkzeugteil 12 den unteren Umkehrpunkt UT. Jetzt steuert die Rechenschaltung 22 die Ventile 51 und 52 so an, daß sowohl die Kammer 15b als auch die Kammer 15s mit dem Druck  $p_{SH}$  beaufschlagt ist. Dabei werden die Ventile 51 und 52 im Einzelnen so angesteuert, daß das Werkzeugteil 12 dem Kurvenzug 46 folgt. Auch hier gilt, daß der Differentialzylinder 15 in dem Zeitabschnitt  $\Delta t_2$  nur aus dem auf den niedrigeren Druck  $p_{SN}$  aufgeladenen Druckspeicher 31 mit Druckmittel versorgt wird. Das bedeutet, daß sich auch in diesem Ausführungsbeispiel die Energieaufnahme der Pumpe 25 in dem Zeitabschnitt  $\Delta t_2$  gegenüber den anderen Zeitabschnitten eines Arbeitszyklus verringert.

Eine weitere Verringerung der während eines Arbeitstaktes der Transferpresse aufgenommenen Energie ermöglicht das anhand der Figuren 4 bis 7 beschriebene Ausführungsbeispiel. Die Figur 4 zeigt eine Steuereinrichtung in einer den Figuren 1 bzw. 3 entsprechenden Darstellung. Soweit in den Figuren 1, 3

und 4 gleiche Bauteile zum Einsatz kommen, sind sie mit denselben Bezugszeichen versehen. Zum Antrieb des Werkzeugteils 12 dient in der Figur 4 ein Differentialzylinder 55, der einen anderen Aufbau aufweist, als der in den Figuren 1 und 3 verwendete Differentialzylinder 15. Wie bereits in der Figur 3 sind die Werkzeugteile 11 und 12 sowie der Kurbeltrieb 13 in der Figur 4 nicht noch einmal dargestellt. Der Differentialzylinder 55 ist in der Figur 5 in vergrößertem Maßstab dargestellt. Ein derartiger Differentialzylinder ist, z. B. in Verbindung mit einem Nutzfahrzeug, aus der US-PS 6.145.307, bekannt. Der Differentialzylinder 55 besitzt einen Kolben 56, der mit einer Bohrung 57 versehen ist. Ein gehäusefester Kolben 58, der in die Bohrung 57 eingreift, bildet zusammen mit der Bohrung 57 eine innere bodenseitige Kammer 55b<sub>i</sub>. Die Druckmittelzufuhr zu der Kammer 55b<sub>i</sub> erfolgt über einen Kanal 59 in dem Kolben 58. Weiterhin besitzt der Differentialzylinder 55 eine äußere bodenseitige Kammer 55b<sub>a</sub> sowie eine stangenseitige Kammer 55s. Die Leitungen 41 (vom Ventil 52 kommend) und 53 (vom Ventil 51 kommend) sind mit den Kammern 55s bzw. 55b<sub>a</sub> verbunden. Die druckbeaufschlagten Flächen des Kolbens 56 sind mit A<sub>r</sub>, A<sub>bi</sub> und A<sub>ba</sub> bezeichnet. Die Figur 6 zeigt die Ringfläche A<sub>r</sub> der stangenseitigen Kammer 55s. Die Figur 7 zeigt die Ringfläche A<sub>ba</sub> der äußeren bodenseitigen Kammer 55b<sub>a</sub> und die Kreisfläche A<sub>bi</sub> der inneren bodenseitigen Kammer 55b<sub>i</sub>, wobei die Kreisfläche A<sub>ba</sub> größer ausgebildet ist als die Ringfläche A<sub>bi</sub>. Ein Elektromotor 62 treibt über eine Welle 63 eine Schwungmasse 64 und eine Verstellpumpe 65 an. Das Fördervolumen der Verstellpumpe 65 ist durch ein Steuersignal u<sub>stH</sub> zwischen einem Minimalwert und einem Maximalwert verstellbar. Eine zweite Welle 66 ist über eine Kupplung 67

mit der Welle 63 verbunden. Die Welle 66 treibt eine hydraulische Maschine 70 an, die in Abhängigkeit von einem Steuersignal  $u_{stM}$  stetig von Pumpenbetrieb auf Motorbetrieb steuerbar ist, und die als Konstantpumpe ausgebildete Pumpe 30. Die  
5 hydraulische Maschine 70 ist über eine hydraulische Leitung 73 mit dem in die Kammer 55b<sub>1</sub> führenden Kanal 59 in dem gehäusefesten Kolben 58 des Differentialzylinders 55 verbunden. Zwischen dem Druckspeicher 31 und der Leitung 73 ist ein  
Rückschlagventil 75 angeordnet, das immer dann sperrt, wenn  
10 der Druck in der Leitung 73 größer als  $p_{sN}$  ist.

Eine Rechenschaltung 77 bildet nach vorgegebenen Algorithmen aus den Eingangssignalen  $u_{\phi}$  und  $u_{sk}$  die Steuersignale  $u_{stb}$  und  $u_{sts}$  (für die Ventile 51 bzw. 52) sowie weitere Steuersignale  $u_{stH}$  (für die Verstellpumpe 65) und  $u_{stM}$  (für die hy-  
15 draulische Maschine 70). Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind in der Figur 4 die einzelnen elektrischen Leitungen zwischen der Rechenschaltung 77 und den Stellorganen (Ventile 51 und 52, Verstellpumpe 65, hydraulische Maschine 70) nicht dargestellt. Die Rechenschaltung 77 steuert die Stellorgane  
20 so an, daß die Position  $s_k$  des Werkzeugteils 12 auch in diesem Ausführungsbeispiel dem in der Figur 2 dargestellten Kurvenzug 46 entspricht. Der Arbeitszyklus beginnt wieder im Zeitpunkt  $t_0$  mit einem Vorhub, in dem sich das Werkzeugteil 11 von dem oberen Umkehrpunkt OT zu dem unteren Umkehrpunkt  
25 UT bewegt. In dem Zeitabschnitt  $\Delta t_2$  zwischen den Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$  befinden sich die Ventile 51 und 52 in der in der Figur 3 dargestellten Ruhestellung, in der die Kammer 55s mit dem Druck  $p_{sH}$  beaufschlagt und die Kammer 55b<sub>a</sub> zum Tank 26 entlastet ist. Die hydraulische Maschine 70 ist in diesem

Zeitabschnitt auf ca. 50 % Tankförderung gestellt. Bei dieser Kombination wirkt die größtmögliche Kraft auf den Kolben 56. Im Zeitpunkt  $t_2$ , in dem das Werkzeugteil 11 auf das Werkzeugteil 12 trifft, schließt das Ventil 52. Während des Zeitabschnitts  $\Delta t_3$  wird die Kammer 55s von dem Druckspeicher 31 über das Rückschlagventil 39 und die Leitungen 40 und 41 mit Druckmittel beaufschlagt. Das an dem Kolben 56 gehaltene Werkzeugteil 12 wird aktiv von dem Kurbeltrieb 13 über das Werkzeugteil 11 und das zwischen den Werkzeugteilen 11 und 12 befindliche Werkstück 10 nach unten verdrängt. In diesem Zeitabschnitt steuert die Rechenschaltung 77 das Ventil 51 so an, daß sich die gewünschte Gegenhaltekraft des Werkzeugteils 12 einstellt. Hierbei gilt, daß eine Verringerung des Durchlaßquerschnitts der Verbindung zwischen der Kammer 55b<sub>a</sub> und dem Tank 26 die Gegenhaltekraft des Werkzeugteils 12 erhöht. Die hydraulische Maschine 70 arbeitet als Motor und gibt mechanische Energie an die Schwungmasse 64 ab. Die Verstellpumpe 65 schwenkt auf 100 % Fördervolumen. Die Druckregelung in der Kammer 55b<sub>a</sub> erfolgt über das Ventil 51 und die hydraulische Maschine 70. Im Zeitpunkt  $t_3$  erreicht das Werkzeugteil 12 den unteren Umkehrpunkt UT. Jetzt steuert die Rechenschaltung 77 die Ventile 51 und 52 so an, daß sowohl die Kammer 55b<sub>a</sub> als auch die Kammer 55s mit dem Druck  $p_{sH}$  beaufschlagt ist. Außerdem wird die Kammer 55b<sub>i</sub> über das Rückschlagventil 75 und die hierfür von der Rechenschaltung 77 als Pumpe betriebene hydraulische Maschine 70 gefüllt. Die Stellorgane (Ventile 51 und 52, Verstellpumpe 65, hydraulische Maschine 70) sind im Einzelnen so angesteuert, daß das Werkzeugteil 12 dem Kurvenzug 46 folgt. Auch hier gilt, daß der Differentialzylinder 55 in dem Zeitabschnitt  $\Delta t_2$  nicht aus dem auf



den höheren Druck  $p_{sH}$  aufgeladenen Druckspeicher 27 mit Druckmittel versorgt wird. Das bedeutet, daß sich auch in diesem Ausführungsbeispiel die Energieaufnahme der Pumpe 25 in dem Zeitabschnitt  $\Delta t_2$  gegenüber den anderen Zeitabschnitten eines Arbeitszyklus verringert, wobei durch den Einsatz 5 der hydraulischen Maschine 70 eine noch bessere Ausnutzung der für die Versorgung des Elektromotors 62 eingesetzten Energie gegeben ist.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Steuerung des Ziehvorgangs bei einer Transferpresse mit zwei gegeneinander wirkenden Werkzeugteilen, zwischen denen ein zu verformendes Werkstück gehalten ist, von denen das eine Werkzeugteil, insbesondere eine Negativform, von einem mit konstanter Drehgeschwindigkeit angetriebenen mechanischen Kurbeltrieb zwischen zwei Umkehrpunkten verfahrbar ist, von denen der erste dem Beginn eines Arbeitszyklus zugeordnet ist, und von denen das zweite Werkzeugteil, insbesondere ein Ziehkissen, über eine Kolbenstange mit dem Kolben eines hydraulischen Differentialzylinders verbunden ist, wobei die Bewegung des Kolbens durch Druckmittelzufuhr in eine erste Kammer und durch Druckmittelabfuhr aus einer zweiten Kammer des Differentialzylinders gesteuert ist, und bei der die stangenseitige Fläche des Kolbens während eines ersten Zeitabschnitts, der sich innerhalb eines durch den ersten und den zweiten Umkehrpunkt begrenzten Bereichs erstreckt, mit einem Druck beaufschlagt ist, der ausreichend groß ist, um das zweite Werkzeugteil derart zu beschleunigen, daß beim Aufeinandertreffen des ersten Werkzeugteils und des zweiten Werkzeugteils sich beide Werkzeugteile praktisch mit derselben Geschwindigkeit bewegen, und bei der eine zwischen einer bodenseitigen Kammer des Differentialzylinders und einem Tank angeordnete steuerbare Drossel den Druck in der bodenseitigen Kammer bestimmt,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß in einem sich an den ersten Zeitabschnitt ( $\Delta t_2$ ) anschließenden zweiten Zeitabschnitt ( $\Delta t_3$ ), der sich bis zum Erreichen des zweiten Umkehrpunkts (UT) erstreckt, die stangen-

seitige Fläche ( $A_r$ ) des Kolbens (16; 56) mit einem zweiten Druck ( $p_{sN}$ ) beaufschlagt ist, der kleiner als der Druck ( $p_{sH}$ ) während des ersten Zeitabschnitts ( $\Delta t_2$ ) ist.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,  
5 daß die stangenseitige Fläche ( $A_r$ ) des Kolbens (16; 56) in einem mit der Umkehr der Bewegungsrichtung des Kurbeltriebs (13) beginnenden dritten Zeitabschnitt ( $\Delta t_4 + \Delta t_5$ ) des Arbeitszyklus, der spätestens in dem Zeitpunkt ( $t_6$ ) beendet ist, in dem der Kurbeltrieb (13) den ersten Umkehrpunkt (OT)  
10 erreicht, wieder mit dem ersten Druck ( $p_{sH}$ ) beaufschlagt ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,  
daß die stangenseitige Fläche ( $A_r$ ) des Kolbens (16; 56) in einem mit der Umkehr seiner Bewegungsrichtung beginnenden dritten Zeitabschnitt ( $\Delta t_4 + \Delta t_5$ ) des Arbeitszyklus, der  
15 spätestens in dem Zeitpunkt ( $t_6$ ) beendet ist, in dem der Kurbeltrieb (13) den ersten Umkehrpunkt (OT) erreicht, weiterhin mit dem zweiten Druck ( $p_{sN}$ ) beaufschlagt ist.

4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei Druckspeicher (27, 31)  
20 vorgesehen sind, von denen der eine (27) auf den ersten Druck ( $p_{sH}$ ) und der zweite (31) auf den zweiten Druck ( $p_{sN}$ ) aufgeladen ist, und daß die Beaufschlagung der stangenseitigen Kammer (15s; 55s) des Differentialzylinders (15; 55) mit Druckmittel aus demjenigen Druckspeicher (27, 31) erfolgt,  
25 der auf den für den jeweiligen Zeitabschnitt ( $\Delta t_2$ ,  $\Delta t_3$ ,  $\Delta t_4 + \Delta t_5$ ) vorgesehenen Druck ( $p_{sH}$ ,  $p_{sN}$ ) aufgeladen ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dadurch gekennzeichnet**, daß der zweite Druckspeicher (31) über ein Rückschlagventil (39) mit der stangenseitigen Kammer (15s; 55s) des Differentialzylinders (15; 55) verbunden ist.

5           6. Einrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dadurch gekennzeichnet**, daß in der zu der bodenseitigen Kammer (15b; 55b<sub>a</sub>) des Differentialzylinders (15; 55) führenden Leitung (42; 53) ein als steuerbare Drossel dienendes Proportionalventil (35; 51) angeordnet ist, das einerseits  
10       den Druckmittelfluß von einem der Druckspeicher (27, 31) zu der bodenseitigen Kammer (15b; 55b<sub>a</sub>) des Differentialzylinders (15; 55) und von dieser Kammer zum Tank (26) steuert.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine erste Pumpe (25; 65) den  
15       Druck ( $p_{SH}$ ) in dem ersten Druckspeicher (27) aufrecht erhält und daß eine zweite Pumpe (30) den Druck ( $p_{SN}$ ) in dem zweiten Druckspeicher (31) aufrechterhält.

8. Einrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Pumpen (25, 30) Konstantpumpen sind und daß jeweils  
20       zwischen einer Pumpe (25, 30) und dem entsprechenden Druckspeicher (27, 31) ein Druckabschaltventil (28, 32) angeordnet ist.

9. Einrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Pumpen (65) Verstellpumpen sind.

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 9,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem ersten Druckspeicher  
(27) und der stangenseitigen Kammer (15s; 55s) des Differen-  
tialzylinders (15; 55) ein den Druckmittelfluß steuerndes  
5 Ventil (36; 52) angeordnet ist, dessen Ausgangsanschluß in  
die von dem Rückschlagventil (39) zu der stangenseitigen  
Kammer (15s; 55s) führende Leitung (40, 41) mündet.

11. Einrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeich-**  
**net**, daß das zwischen dem ersten Druckspeicher (27) und der  
10 stangenseitigen Kammer (15s; 55s) des Differentialzylinders  
(15; 55) angeordnete Ventil ein Schaltventil (36) ist.

12. Einrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeich-**  
**net**, daß das zwischen dem ersten Druckspeicher (27) und der  
stangenseitigen Kammer (15s; 55s) des Differentialzylinders  
15 (15; 55) angeordnete Ventil ein Proportionalventil (52) ist.

13. Einrichtung nach Anspruch 6 , **dadurch gekennzeich-**  
**net**, daß die bodenseitige Fläche des Kolbens (56) des Diffe-  
rentialzylinders (55) in zwei unterschiedlich große Teil-  
flächen ( $A_{ba}$ ,  $A_{bi}$ ) aufgeteilt ist, die von unterschiedlich  
20 großen Drücken ( $p_{ba}$ ,  $p_{bi}$ ) beaufschlagt sind, daß der Druck  
( $p_{ba}$ ), mit dem die größere Teilfläche ( $A_{ba}$ ) beaufschlagt ist,  
durch das Proportionalventil (51) gesteuert ist und daß der  
Druck ( $p_{bi}$ ), mit dem die kleinere Teilfläche ( $A_{bi}$ ) beauf-  
schlagt ist, durch eine stetig von Pumpenbetrieb auf Motor-  
25 betrieb steuerbare hydraulische Maschine (70) gesteuert ist.

14. Einrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kolben (56) des Differentialzylinders (55) mit einer Bohrung (57) versehen ist, in die ein gehäusefester Kolben (58) eingreift, und daß die Druckmittelzufuhr zu der  
5 aus der Bohrung (57) und dem gehäusefesten Kolben (58) gebildeten inneren bodenseitigen Kammer (55b<sub>1</sub>) über einen Kanal (59) in dem gehäusefesten Kolben (58) erfolgt.

15. Einrichtung nach Anspruch 13 oder Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Elektromotor (62) die Pumpen  
10 (30, 65) und die hydraulische Maschine (70) über eine gemeinsame Welle (63, 66) antreibt und daß eine Schwungmasse (64) mit der Welle (63) verbunden ist.

16. Einrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Druck ( $p_{bi}$ ), mit dem die  
15 kleinere Teilfläche ( $A_{bi}$ ) beaufschlagt ist, so gesteuert ist, daß er in dem ersten Zeitabschnitt ( $\Delta t_2$ ) kleiner als der erste Druck ( $p_{sH}$ ) ist und in dem zweiten Zeitabschnitt ( $\Delta t_3$ ) gleich dem zweiten Druck ( $p_{sN}$ ) ist.

17. Einrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Druck ( $p_{bi}$ ), mit dem die kleinere Teilfläche  
20 ( $A_{bi}$ ) beaufschlagt ist, so gesteuert ist, daß er in dem dritten Zeitabschnitt ( $\Delta t_4 + \Delta t_5$ ) gleich dem ersten Druck ( $p_{sH}$ ) ist.

18. Einrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß die hydraulische Maschine (70)  
25 zwischen dem dem Beginn ( $t_0$ ) des Arbeitszyklus zugeordneten

Umkehrpunkt (OT) und dem Beginn ( $t_1$ ) des ersten Zeitabschnitts ( $\Delta t_2$ ) auf Tankförderung gesteuert ist.

5 19. Einrichtung nach Anspruch 14 oder einem der folgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem zweiten Druckspeicher (31) und der von der hydraulischen Maschine (70) zu der inneren bodenseitigen Kammer (55b<sub>i</sub>) des Differentialzylinders (55) führenden Leitung (73) ein weiteres Rückschlagventil (75) angeordnet ist.

## Zusammenfassung

### Einrichtung zur Steuerung des Ziehvorgangs bei einer Transferpresse

Es wird eine Einrichtung zur Steuerung des Ziehvorgangs bei  
5 einer Transferpresse mit zwei gegeneinander wirkenden Werkzeugteilen, zwischen denen ein zu verformendes Werkstück gehalten ist, beschrieben. Das eine Werkzeugteil ist von einem mit konstanter Drehgeschwindigkeit angetriebenen mechanischen Kurbeltrieb zwischen zwei Umkehrpunkten verfahrbar.  
10 Das zweite Werkzeugteil ist über eine Kolbenstange mit dem Kolben eines hydraulischen Differentialzylinders verbunden. Die Bewegung des Kolbens ist durch Druckmittelzufuhr in eine erste Kammer und durch Druckmittelabfuhr aus einer zweiten Kammer des Differentialzylinders gesteuert. Während eines  
15 ersten Zeitabschnitts innerhalb eines durch den ersten und den zweiten Umkehrpunkt begrenzten Bereichs ist die stangenseitige Fläche des Kolbens mit einem Druck beaufschlagt ist, der ausreichend groß ist, um das zweite Werkzeugteil derart zu beschleunigen, daß sich beim Aufeinandertreffen der beiden  
20 Werkzeugteile beide Werkzeugteile sich praktisch mit derselben Geschwindigkeit bewegen. Zwischen einer bodenseitigen Kammer und einem Tank ist eine steuerbare Drossel angeordnet. Um beim Betrieb einer derartigen Transferpresse Energie einzusparen, ist in einem sich an den ersten Zeitabschnitt anschließenden zweiten Zeitabschnitt, der sich bis zum Erreichen des zweiten Umkehrpunkts erstreckt, die stangenseitige Fläche des Kolbens mit einem zweiten Druck beaufschlagt, der  
25 kleiner als der Druck während des ersten Zeitabschnitts ist.